

Estimación espectral en ETM+: Infrarrojo Muy Cercano

Paula M. Tristan(1)(2), Ruben S. Wainschenker(1) , Jorge H. Doorn(1)

(1)INTIA, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Paraje Arroyo Seco, Campus Universitario (7000), Tandil, Argentina Tel.(02293) 439682 Int. 49.

(2)CONICET, Rivadavia 1917, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

e-mail: {ptristan,jdoorn,rfw}@exa.unicen.edu.ar

CONTEXTO

La presente propuesta se corresponde con la línea de investigación “Procesamiento de Imágenes Satelitales” en el proyecto de investigación “Procesamiento de Señales” del grupo de investigación en “Procesamiento de Señales y Bases de Datos” de la UNCPBA.

RESUMEN

En los últimos años han aparecido un conjunto de metodologías que permiten realizar operaciones de fusión de datos, entendiendo esto como un proceso en el que, partiendo de imágenes de diferentes resolución espacial, espectral y/o radiométrica, se obtienen imágenes complementarias. En Teledetección Satelital, los mayores esfuerzos de investigación se han concentrado en la mejora de la resolución espacial de las imágenes de alta resolución espectral conocidas como imágenes hiperespectrales. En este trabajo se presenta una alternativa que permite mejorar la resolución espectral de imágenes multiespectrales obtenidas por el ETM+ a bordo de la serie Landsat. Basándose en los datos de cuatro bandas espectrales, de las ocho que son provistas por este sensor, se calcula una nueva banda que, de aquí en adelante se denomina *infrarrojo muy cercano*. Esta nueva banda discrimina aquellos valores de energía que deberían haberse recibido en cierto rango del espectro que esta incluido en una de las bandas pero no considerado por las restantes. Es decir, esta nueva banda contiene información que explícitamente no esta discriminada en ninguna otra banda y que, por su proximidad espectral al infrarrojo cercano puede denominarse como tal. Esta característica que puede extenderse tanto a otros rangos del espectro como a otros sensores.

Palabras clave: Teledetección, Fusión de Datos, Resolución Espectral

1. INTRODUCCION

Desde hace ya varios años en Teledetección, para distinguir diferentes zonas de una escena, se utilizan métodos que permiten la construcción de imágenes combinando matemáticamente los valores digitales de algunas bandas, en los últimos tiempos las técnicas de fusión de datos conforman una de las áreas de investigación en procesamiento de

imágenes mas populares. Debido a que cada vez existe un mayor número de sensores que observan la Tierra, cada uno de ellos con sus características propias, ha hecho evidente la utilidad de desarrollar técnicas que permitan obtener un máximo beneficio de los datos obtenidos. Su utilidad reside en la capacidad de extraer información de las imágenes en si mismas o de sensores que carecen de alguna capacidad mediante el uso de otro sensor que aporta información complementaria, utilizando para esto técnicas matemáticas y modelos físicos [Tapiador et al, 2001].

Existen varias alternativas de fusión de datos que apuntan a la mejora de la resolución espacial de los diferentes sensores conocidas como fusión de imágenes [Liu et al, 2000] las que también se conocen como “Pansharpening”, [Thomas et al, 2008], [Alparone et al, 2007].

Las tablas, figuras y límites que se indican en el resto del documento están referidas al ETM+ del Landsat 7, pero pueden aplicarse por ejemplo a: SPOT, QUICKBIRD, ORBVIEW entre otros.

En particular para el sensor ETM+ Boggione et al, 2003 desarrolló una alternativa de simulación que genera una nueva imagen manteniendo la resolución espacial de la banda pancromática B_p pero incrementando la resolución espectral ya que se obtiene realizando una fusión de las bandas B_2 , B_3 y B_4 (Figura 3). En el presente trabajo se adopta el enfoque opuesto a Boggione, ya que se procura obtener información no explícita en las imágenes satelitales.

Se presenta entonces, un método que permite crear o calcular una imagen correspondiente a una nueva banda del espectro B_{Mc} correspondiente a lo que denominaremos *infrarrojo muy cercano*, y que no esta discriminada por los sensores del ETM+. Para resolverlo se realiza una combinación de datos de las bandas correspondientes al verde B_2 , la rojo B_3 , la del infrarrojo cercano B_4 y la pancromática B_p . La nueva imagen estima los valores que se hubieran recibido con un dispositivo sensible al infrarrojo muy cercano.

El resto del artículo se organiza como sigue: a continuación se presenta el marco teórico en el que se exponen algunos conceptos y se describen algunos aspectos técnicos esenciales para comprender el trabajo, luego se explica la metodología implementada y se muestran algunos ejemplos de los resultados obtenidos y por último se citan las conclusiones y se detallan las diferentes vías de continuidad y expansión del trabajo.

2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

Se denomina resolución espectral a la capacidad del sensor para discriminar la radiancia detectada en distintas longitudes de onda del espectro electromagnético. La resolución espectral está determinada por el número de bandas que el sensor puede captar y por la anchura espectral de éstas [Chuvieco et al 1994].

En determinados casos, el sensor será de mayor utilidad cuanto mayor sea el número de bandas que proporcione, ya que algunas cubiertas requieren estudios multispectrales. Por otro lado, conviene que el ancho de cada banda sea lo más reducida posible, con el objeto de no obtener valores medios de regiones espectrales con diferentes significados físicos. Algunos sensores discriminan el espectro en tres bandas mientras que los hiperespectrales oscilan alrededor del centenar.

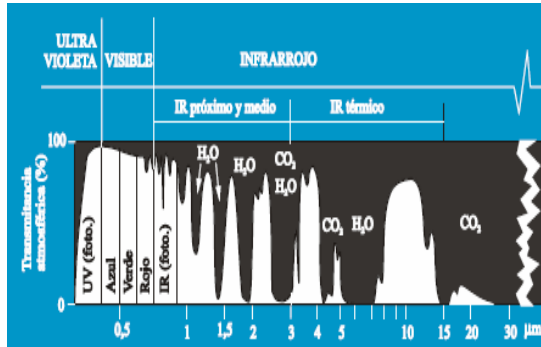


Figura 1. – Situación de absorción y transmisión atmosférica

La radiación del Sol y la reflexión de ésta desde la superficie de la Tierra atraviesan la atmósfera antes de llegar al sensor del satélite la que se comporta como un filtro selectivo en distintas longitudes de onda [Rees et al, 2001]. Debido a su composición química produce, entre otros efectos, la absorción de parte de la radiación.

ventana	banda espectral (μm)
1	0,3 - 1,3
2	1,5 - 1,8
3	2,0 - 2,6
4	3,0 - 3,6
5	4,2 - 5,0
6	7,0 - 15,0

Figura 2.– Ventanas Atmosféricas

Un sensor fuera de la Atmósfera recibirá de la superficie terrestre sólo las longitudes de onda en

que la atmósfera es transparente. Las longitudes de onda en las que la atmósfera es transparente y la radiación puede atravesarla se denominan ventanas atmosféricas, algunas de las cuales se muestran en la Figura 2. [Pinilla et al, 1995]. La atmósfera permite la transmisión de la luz visible y del infrarrojo cercano bloqueando la mayor parte de la radiación infrarroja.

El sensor convierte la radiancia del terreno en una señal continua, luego un convertidor analógico-digital genera el nivel digital o ND que es almacenado para el usuario final. Para conocer el comportamiento físico de la cubierta observada es necesario encontrar la función de transformación entre la radiancia y el ND. Conocida esa función, la aplicación de su inversa a los ND de la imagen permite caracterizar físicamente la cubierta. Se define la radiancia recibida por el sensor $L(b, s)$ como:

$$L(b, s) = G_b * ND_b + B_b$$

Esta es una relación aproximada [Landsat Handbook] en la que se suponen que tanto la distribución espectral de la fuente luminosa s utilizada en la calibración del instrumento, como la de la radiancia que llega de la Tierra son iguales a la banda b , En dónde G_b es la ganancia y B_b es el biase para dicha banda.

$$L(b, s) = \int RSR(b, \lambda) * L(\lambda, s) d\lambda = L(s) * \int RSR(b, \lambda) d\lambda$$

ETM+				
Banda	Nomenclatura	Espectro	Ancho Banda	Resol. Espacial
1	B ₄₅₋₅₂	0,45-0,52 μm	7	30
2	B ₅₂₋₆₀	0,52-0,6 μm	8	30
3	B ₆₃₋₆₉	0,63-0,69 μm	6	30
4	B ₇₆₋₉₀	0,76-0,9 μm	14	30
5	B ₁₅₅₋₁₇₅	1,55-1,75 μm	20	30
6	B ₁₀₄₀₋₁₂₅₀	10,4-12,5 μm	210	60
7	B ₂₀₈₀₋₂₃₅₀	2,08-2,35 μm	270	30
Pan	B ₅₂₋₉₀	0,52-0,9 μm	38	15

Figura 3.- Descripción espectral y espacial de las bandas de ETM+.

Sabiendo que la respuesta espectral RSR de cada sensor varía según la longitud de onda, tal como se muestra en la Figura 3. Cada rango de longitudes de onda representan las distintas bandas, existiendo

también, rangos que no están representados por ninguna banda.

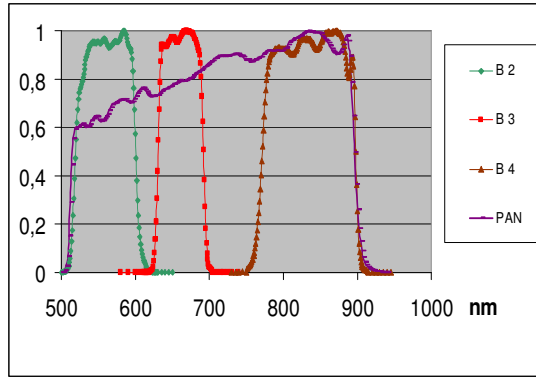


Figura 4.- Curvas espectrales de la banda B₂, B₃, B₄ y B_p del ETM+.

En la *Figura 4* se observa el comportamiento espectral de B₅₂₋₆₀, B₆₃₋₆₉ y B₇₆₋₉₀ respecto de la banda pancromática B₅₂₋₉₀, en donde se percibe que existen dos zonas en el espectro para las cuales solo existe información en la banda pancromática. Una pequeña entre 0.60 - 0.63 y otra casi tan importante como la banda B₆₃₋₆₉ entre 0.69 – 0.76 que, por su posición en el espectro se podría denominar como *infrarrojo muy cercano*, B_{Mc} o banda B₆₉₋₇₆.

Como primera aproximación, se podría despreciar la banda más pequeña, entre 0.60 y 0.63, debido a que: a los efectos de los cálculos su incidencia en el resultado final es menor y puede considerarse dentro del error asumido.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Suponiendo que $L(2)$, $L(3)$, $L(Mc)$, $L(4)$, $L(P)$ son los valores de radiancia recibida en las bandas B52-60, B63-69, B69-76, B76-90 y B52-90 respectivamente, se puede definir la radiancia recibida en la banda pancromática B_p como:

$$L(P) = \frac{\sum_x L(x) * \int RSR(x, \lambda) d\lambda}{\int RSR(P, \lambda) d\lambda}$$

Si se define $F_x = \int RSR(x, \lambda) d\lambda$ entonces puede expresarse la relación anterior como:

$$L(P) = \frac{F_2 * L(2)}{F_p} + \frac{F_3 * L(3)}{F_p} + \frac{F_{oc} * L(Mc)}{F_p} + \frac{F_4 * L(4)}{F_p}$$

$$L(Mc) = \frac{F_p * L(P) - F_2 * L(2) - F_3 * L(3) - F_4 * L(4)}{F_{Mc}}$$

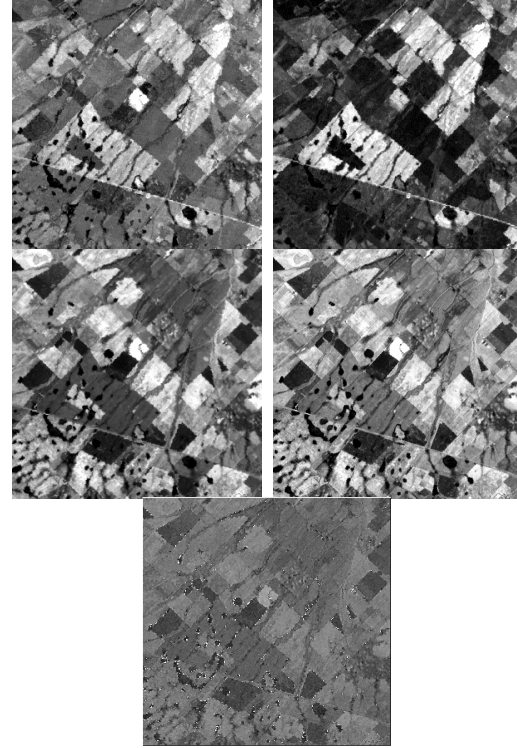


Figura 5.- B₅₂₋₆₀, B₆₃₋₆₉, B₇₆₋₉₀, B₅₂₋₉₀ B₆₉₋₇₆ respectivamente.

En la *Figura 5* se muestra una pequeña zona de una imagen en las bandas B52-60, B63-69, B76-90, B52-90 y la banda calculada B69-76. Tal como puede observar existe una cierta correlación entre la energía recibida por el sensor infrarrojo cercano y los valores calculados para el infrarrojo muy cercano.

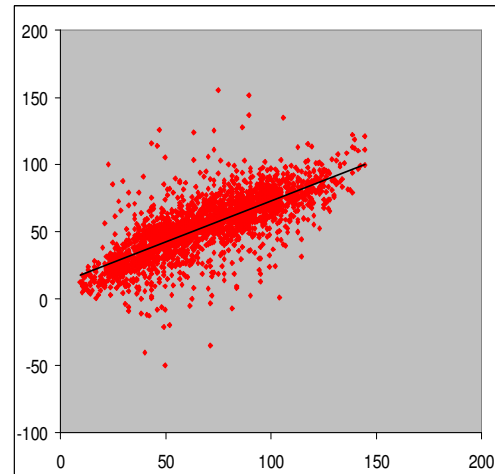


Figura 6.-Relación existente entre la B₄ infrarrojo cercano (abscisas) y la del infrarrojo muy cercano B_{Mc} (ordenadas).

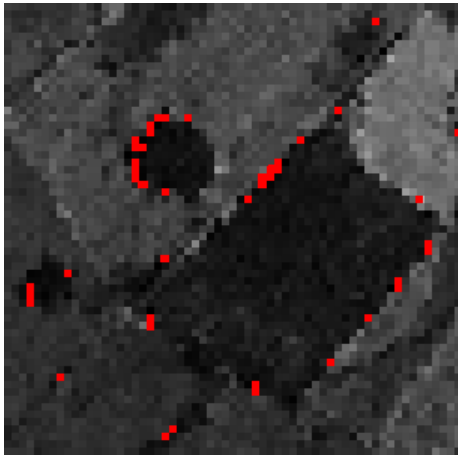


Figura 7.- Outliers encontrados en la B_{Mc}

Sin embargo, también se puede observar en la *Figura 6* que existe un número importante de píxeles en los que la correlación no es válida. Se ha comprobado que tanto los puntos que están próximos a la línea de regresión lineal como aquellos que se encuentran a una distancia determinada se agrupan en bloques que coinciden con objetos observables en otras bandas y con objetos reales de la superficie. Esta es una indicación muy fuerte de que la banda calculada de esta manera contiene información útil acerca de la naturaleza de la superficie observada.

Asimismo, se ha detectado la presencia de puntos cuya energía calculada es negativa o adquiere un valor demasiado alto. En la *Figura 7* se muestra un fragmento de una imagen calculada para B_{Mc} ampliada para resaltar los píxeles, cuyo valor de energía es inválido. Mayormente, estos puntos se presentan en las fronteras entre áreas de la imagen que muestran gran diferencia entre los valores de gris, ya sea en la banda pancromática B_P como en las bandas B_2 , B_3 o B_4 . La hipótesis que se maneja en este momento, sin ningún tipo de comprobación, es que los procesamientos relacionados con las correcciones geométricas, realizadas en las estaciones terrenas, han sido ligeramente diferentes entre las bandas involucradas.

3.1 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se ha obtenido una nueva banda para el sensor ETM+ de forma matemática y se ha comprobado que la misma contiene información propia. La imagen resultante contiene algunos píxeles espurios que no han sido estudiados todavía.

Se planifica mejorar las correcciones geométricas para el cálculo de la imagen de la B_{Mc} .

Se espera realizar un estudio que cuantifique la efectividad de los parámetros de cálculo con los límites de los rangos espectrales elegidos.

Se aspira a utilizar la información de los *outliers* como mecanismo alternativo de evaluación de las correcciones geométricas realizadas sobre la imagen

y eventualmente poder opinar acerca de cual debiera ser la estrategia más apropiada para realizar estas correcciones. Por otro lado se aspira a evaluar la posible construcción de la banda B_{Mc} en niveles de procesamiento más bajos para luego realizar las correcciones geométricas sobre la banda ya calculada.

Por último, se espera contrastar las imágenes obtenidas con información provista por sensores hiperspectrales y eventualmente con datos de la superficie.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

El presente proyecto es parte de la tesis doctoral “Mejoras de Resolución de Imágenes Satelitales: Algoritmos de Integración” que está desarrollando la Mg. Paula M. Tristan en la UNCPBA

5. BIBLIOGRAFIA

Alparone, L. Wald, L., Chanussot, J., Thomas, C., Gamba, P. and Mann Bruce, L. “Comparison of Pansharpening Algorithms: Outcome of the 2006 GRS-S Data Fusion Contest”. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 45 Nro. 10, Octubre 2007.

Boggione, G., Pires, E., Santos, P. y Fonseca, L. “Simulation of a Panchromatic Band by Spectral Combination of Multispectral ETM+Bands” International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS’91.

Chuvieco E. “Fundamentos de la Teledetección Espacial”. Ed. Rialp S.A., Madrid-España. 1994.

Tapiador, F y J. Casanova. “La fusión de datos en Teledetección”. Revista de Teledetección Nro. 15, Junio de 2001.

Liu, J. “Evaluation of Landsat-7 ETM+ Panchromatic Band for Image Fusion with Multispectral Bands”. Natural Resources Research, Vol. 9 Nro. 4. pp. 269-276. 2000

Pinilla C. “Elementos de Teledetección”. Ed. Ra-Ma., Madrid. 1995.

Rees W. G. “Physical principles of remote sensing”. Ed. Cambridge University Press. 2001.

Thomas, C., Ranchin, T., Wald, L., and Chanussot, J. “Síntesis of multispectral Images ti High Spatial Resolution: A Critical Review of Fusion Methods Based on Remote Sensing Physics” . IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 46 Nro. 5, Mayo 2008.

“**Landsat 7 Science Data Users Handbook**”. Manual de usuario del Programa Landsat.

<http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook.html>